

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-014486

(43)Date of publication of application : 14.01.1997

(51)Int.Cl.

F16K 31/06

F16K 31/06

G05B 11/28

(21)Application number : 07-163864

(71)Applicant : UCHIDA YUATSU KIKI KOGYO KK

(22)Date of filing : 29.06.1995

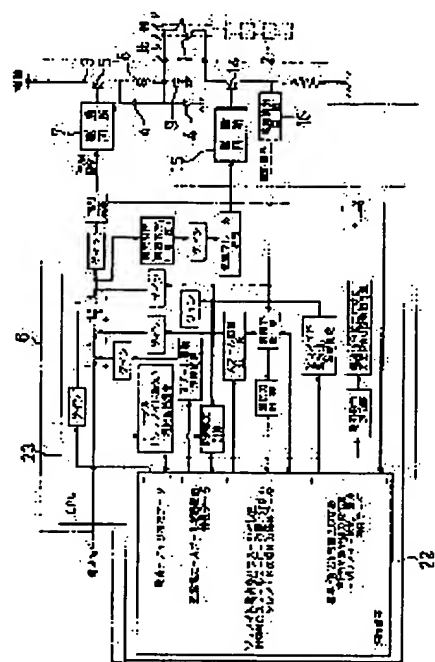
(72)Inventor : YAMAJI KENPEI  
NAKAMURA SHOJI

## (54) DERIVING CONTROL DEVICE FOR SOLENOID PROPORTIONAL VALVE AND DRIVING CONTROL METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a driving control device for a PWM solenoid proportional valve and driving control method therefor, which valve shows satisfactory controllability, responsiveness and linearity.

**CONSTITUTION:** An opening and closing of a switching element 5 arranged on a power source circuit 3 of a proportional solenoid 1 which drives a valve body of a solenoid proportional valve is controlled according to a PWM signal from a PWM amplifier 6 input by a current command value. In such a control device, a PWM reference frequency of the amplifier is set high such that the solenoid hardly responds. A front stage of the solenoid is connected to the switching element through a coil, and grounded through a capacitor. The coil and the capacitor show resonance at the PWM reference frequency of the amplifier. It is thus possible to reduce heat generation of the solenoid of the solenoid proportional valve, and improve responsiveness to variation of current command and in low current responsiveness.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2981835

[Date of registration]

24.09.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

24.09.2002

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-14486

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月14日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
F16K 31/06	325 310	F16K 31/06 325 310 C
G05B 11/28	0380-3K 0380-3K 0360-3H	G05B 11/28

審査請求 未請求 請求項の数 7 ○ L (全17頁)

(21) 出願番号 特願平7-163864

(22) 出願日 平成7年(1995) 6月29日

(71) 出願人 591005693

内田油圧機器工業株式会社  
東京都板橋区大和町18番地

(72) 発明者 山路 憲平

茨城県土浦市東中貫町5-1 内田油圧機器工業株式会社土浦事業所内

(72) 発明者 中村 昭二

茨城県土浦市東中貫町5-1 内田油圧機器工業株式会社土浦事業所内

(74) 代理人 弁理士 北村 欣一 (外2名)

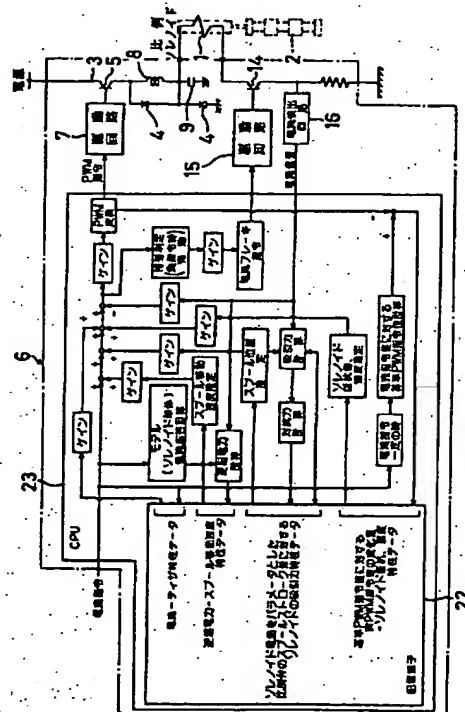
(54) 【発明の名称】 電磁比例制御弁の駆動制御装置及びその駆動制御方法

(57) 【要約】

【目的】 制御性、応答性、線形性の良好なPWM方式の電磁比例制御弁の駆動制御装置と制御方法を提供すること

【構成】 電磁比例制御弁の弁体2を駆動する比例ソレノイド1の電源回路3に設けたスイッチング素子5の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプ6からのPWM信号で制御する制御装置に於いて、該アンプのPWM基本周波数を該ソレノイドが応答しづらい周波数へ高く設定し、該ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子へ接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプのPWM基本周波数で共振する値のものとした

【効果】 電磁比例制御弁のソレノイドの発熱が少なく、電流指令値の変化に対する応答性と低電流時に於ける応答性を改善できる



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御装置に於いて、該アンプのPWM基本周波数を該比例ソレノイドが応答しづらい周波数へ高く設定し、該比例ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子へ接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプのPWM基本周波数で共振する値のものとしたことを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御装置。

【請求項2】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御装置に於いて、該比例ソレノイドの接地した後段に信号の入力で抵抗を増大して電流を早く減少させる電流ブレーキ用素子を介在させると共に、該電流ブレーキ用素子に該アンプへ入力する電流指令値が該比例ソレノイドを流れる電流よりも小さい間は該電流ブレーキ用素子に信号を与える電流ブレーキ用素子駆動回路を接続したことを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御装置。

【請求項3】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御方法に於いて、該アンプのPWM基本周波数を該比例ソレノイドの応答しづらい高い周波数に設定し且つ該アンプに該比例ソレノイドを流れる電流値に対する最適な大きさと周期のディザの特性データを記憶させた記憶素子を接続し、該電流指令値の入力に伴ない電子計算機により該ソレノイドに該電流指令値に対応した電流が流れるときの最適のディザ特性データを該記憶素子から読み込み、このデータと該電流指令値を加算した信号をもとに該ソレノイドの電流を制御するためのPWM信号を計算し、この信号により該スイッチング素子を制御することにより該弁体にディザを与えることを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御方法。

【請求項4】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御方法に於いて、記憶素子に該弁体の移動速度と逆起電力との特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該アンプに入力する電流指令値が変化するとその変化に対応した該比例ソレノイドのモデル的電流値を計算すると共にこのモデル的電流値と実際に流れる該比例ソレノイドの電流値とを比較して該弁体の移動に伴う逆起電力の大きさを計算し、この計算による逆起電力と前記特性データとで該弁体の移動速度を推定し、この推定結果に基づき該アンプから該スイッチング素子を制御するPWM信号を調節して該弁体の移動速度

を制御することを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御方法。

【請求項5】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御方法に於いて、記憶素子に該比例ソレノイドを流れる電流値をパラメータとした該弁体の移動距離に対する該ソレノイドの吸引力の特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該比例ソレノイドを実際に流れる電流値から該比例ソレノイドの吸引力及びそのときの吸引力に対抗する対抗力を該記憶素子の特性データをもとに計算し、計算したその吸引力及び対抗力が釣り合う時の該弁体の移動距離を該記憶素子に記憶させた吸引力特性データをもとに計算し、更に計算で求めた該移動距離をもとに該比例ソレノイドの吸引力及びその対抗力を計算してこの2つの力が釣り合うときの該移動距離を求めることにより実際の該比例ソレノイドの電流値に対応した該弁体の位置を推定し、この推定結果に基づき該アンプから該スイッチング素子へのPWM信号を調節して該弁体の線形性を制御することを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御方法。

【請求項6】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御方法に於いて、記憶素子に該アンプの基準PWM信号値に対する実際のPWM信号値の変化量と該比例ソレノイドの抵抗値、及び該比例ソレノイドの温度の特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該アンプへの電流指令値が一定であり該比例ソレノイドの電流も一定である場合の該電流指令値に対応する基準PWM信号値を基準となる比例ソレノイドの抵抗値を用いて計算し、計算した基準PWM信号値と実際に出力しているPWM信号値との変化量を計算し、その変化量から該記憶素子に記憶させた特性データをもとに実際の該比例ソレノイドの抵抗値を推定計算し、更にこの推定計算したソレノイドの抵抗値から該特性データをもとに該比例ソレノイドの温度を推定計算し、この推定したソレノイドの抵抗値をもとに該電流指令値に対する新しいPWM信号値を計算し、この信号値で該スイッチング素子を駆動して該比例ソレノイドの温度変化による抵抗変化の影響を低減することを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御方法。

【請求項7】電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御装置に於いて、該アンプのPWM基本周波数を該比例ソレノイドが応答しづらい周波数へ高く設定し、該比例ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子へ接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプのPWM基

本周波数で共振する値のものと、該比例ソレノイドの接地した後段に電流ブレーキ用素子を介在させると共に、該電流ブレーキ用素子に該アンプへ入力する電流指令値が該比例ソレノイドを流れる電流よりも小さい間は該電流ブレーキ用素子の抵抗を増大させる制御を行う電流ブレーキ用素子駆動回路を接続し、該アンプに、該PWM基本周波数と異なるディザ周波数であって該アンプに入力する電流指令値に対応した最適な大きさと周期のディザと、該弁体の移動速度と逆起電力との特性データと、該比例ソレノイドを流れる電流値をパラメータとした該弁体の移動距離に対する該ソレノイドの吸引力の特性データと、該アンプの基準PWM信号値に対する実際のPWM信号値の変化量と該比例ソレノイドの抵抗値、及び該比例ソレノイドの温度の特性データとを記憶させた記憶素子、及び該電流指令値と該比例ソレノイドを流れる電流を検出する電流検出回路からの電流値に応じて該記憶素子の記憶とを比較演算する電子計算機を接続し、該弁体のディザ、移動速度、線形性と、該比例ソレノイドの温度変化による抵抗変化を補償することを特徴とする電磁比例制御弁の駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、油圧回路に使用される圧力電磁比例制御弁、方向・流量電磁比例制御弁等の電気信号により作動制御された電磁比例制御弁の駆動制御装置とその駆動制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、油圧回路に於いて圧力、方向、流量を制御する電磁比例制御弁は公知であり、例えば方向・圧力電磁比例制御弁は、図1に示すように、弁筐a内に設けたスプール形の弁体bを比例ソレノイドcにより移動させる構成を備えている。該比例ソレノイドcは該弁体bの一端側をその他端側に設けたばねdに抗して所定の位置へ移動して該制御弁を流れる流体の方向と圧力を制御し、その移動位置は該比例ソレノイドcを制御する電磁比例制御弁用のアンプeからの電気信号により決定される。該弁体bは、その移動時に摩擦や流体固着現象などが発生すると移動特性が変わる不都合があるので、所期の移動特性を維持するためにアンプeにより比例ソレノイドcに流れる電流に波形を持たせ、該比例ソレノイドcの磁力を微細に変化させることで弁体bに比較的高い微細振動であるディザを与えることが行われている。

【0003】このようなディザを与えるアンプeの種類としては、図2に示した基本構成のPWM方式のアンプe<sub>1</sub>と、図4に示した基本構成のドロップ方式のアンプe<sub>2</sub>とが公知である。PWM方式のアンプe<sub>1</sub>は、該比例ソレノイドcの前段の電源回路fに設けたFETトランジスタ等のスイッチング素子gをON-OFF動作（スイッチング動作）させることにより指令値に対応した電流

を該比例ソレノイドcに電源hから流すもので、スイッチング素子gはON-OFF動作で制御されているから、後述するドロップ方式のトランジスタに比べ発熱が少なく、熱効率がよい。該アンプe<sub>1</sub>はPWM基本波発振回路iを備えており、図3に示すように、指令電圧波形jとPWM基本波発振回路iからのPWM基本波波形kとを合成したPWMパルス波形lを該スイッチング素子gに入力させ、比例ソレノイドcに波形のソレノイド電流波形mの電流を流し、弁体bにディザを与えている。該PWM基本波波形kのパルス幅を変更すれば、比例ソレノイドcの振動幅も変更できる。tは該比例ソレノイドcの前段に設けられたサージ電圧を回避するためのフライホイールダイオードである。

【0004】一方、ドロップ方式のアンプe<sub>2</sub>は、比例ソレノイドcに指令値に対応したソレノイド電流が常に流れるように、電源電圧をソレノイド電流を流すために必要な電圧になるまでトランジスタnで電圧降下させる制御を行うもので、トランジスタnは、動作領域で使用され、ソレノイド電流（コレクタ電流）が大きく、電圧降下（コレクターエミッタ間電圧）も大きいので、PWM方式のスイッチング素子gに比べて発熱量が大きい。したがって、この熱を放熱させるための大きな放熱板が必要となる。このドロップ方式では、常に指令値に対応したソレノイド電流を流しているため、指令値が一定であってもソレノイド電流が脈動するPWM方式のものに比べ、比例ソレノイドの応答は電流値に関係なく安定しており、従って電磁比例制御弁の制御性も安定している利点がある。このアンプe<sub>2</sub>は、弁体bの固着防止のためにディザ発振回路oを備えて、図5に示すように、電圧の指令波形pとディザ発振回路oからのディザ信号波形qとによりトランジスタnに図示のようなベース電流波形rの電流を流し、これと対応したソレノイド電流波形sの電流を比例ソレノイドcに流す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】比例ソレノイドは図6のような等価回路で表され、比例ソレノイドに電圧を加えた場合、ソレノイドを流れる電流は、L、R<sub>1</sub>を流れるI<sub>1</sub>と、R<sub>2</sub>を流れるI<sub>2</sub>があり、比例ソレノイドの吸引力は、L、R<sub>1</sub>を流れる電流I<sub>1</sub>は吸引力に変換されずに熱となってソレノイドの温度を上昇させる。

【0006】一般に、比例ソレノイドcは、ソレノイド電流値に比例した吸引力が得られる特性のものであるが、ソレノイド電流値が小さい領域では該電流値に吸引力が比例せず、図7に示すような特性となる。そのため、同じ振幅のディザ波形が重畳した電流を入力した場合でも、平均電流の大きさによりディザ波形による吸引力の変化量は変化してしまう。特に、平均電流値が小さく吸引力が電流値に比例しない領域では、ディザ波形による吸引力の変化量が入力に比例せず減衰してしまうので、ディザ効果が少なくなってしまう欠点がある。

【0007】また、電流指令値に関係なくディザ振幅が一定の場合には、電流指令値がディザ振幅ピーク値の1/2となるような時は、図8のようにディザ波形のピークが欠けたソレノイド電流が流れるため、ディザの効果が少なくなる欠点がある。

【0008】PWM方式のアンプ $e_1$ では、第1の問題点として、PWM制御の基本波の周期を該電磁比例制御弁のディザ周期に設定すると、該比例制御弁の動作特性が変化してしまう不都合がある。そのため、電磁比例制御弁の種類により最適なディザ効果が得られるようなPWM基本波の周期を設定する必要がある、使用上の不便がある。また、PWM方式では、ソレノイド電流値によりPWMパルスのデューティ比(ON-OFF時間の比)が変化するため、パルスのパワースペクトルが図9のように変化し、ディザとして有効に働くPWM基本周期の成分の大きさが変化する。従って、ソレノイド電流の大きさによりディザ効果が変化する特性がある。特に、該デューティ比が小さいとき、すなわちソレノイド電流値が小さい場合は、PWM基本周期の成分が小さくなるので、ディザ効果が少なくなる。

【0009】PWM方式のアンプの第2の問題点として、電子計算機を用いてソレノイド電流をPWM制御する場合、ソレノイド電流値をフィードバック信号として用いるが、ソレノイド電流にPWM周期での脈動があると正確なソレノイド電流値をサンプリングすることが困難である。従って、フィードバック信号とするソレノイド電流値を得るには、PWM周期での脈動のあるソレノイド電流を検出し、この脈動を何等かの方法で平均化する必要がある。その方法には、ソレノイド電流を電流検出用抵抗を用いて電圧信号とし、この信号を

(1) アナログフィルタを用いて平滑化し、この信号をAD変換するなどして平均電流値を求める。

【0010】(2) V-F(電圧-周波数)変換し、変換されたパルス信号をカウントし、PWM周期1周期での平均値を計算し、この値を平均電流値とする。

【0011】(3) PWM周期1周期内で何回かのAD変換を行い、その平均値を計算し、この値を平均電流値とする。

【0012】などがあるが、電流検出回路を構成する部品点数が増加したり、処理が複雑となるなどの問題がある。特に、V-F変換方式やPWM1周期内で数回のAD変換を行いソレノイド電流の平均値を求める方法では、PWM周波数を高周波化する場合、電子計算機などの処理能力に問題が生じる不都合がある。

【0013】さらに、第3の問題点として、PWM方式では電流指令が変化した場合、実際にソレノイド電流を制御するPWM指令に電流指令の変化が反映されるまでには、最大でPWM周期1周期分の不感時間が生じる

(図10参照)。PWM周波数をディザ周波数としている場合、その周波数は数10Hzから数100Hz程度であ

るため、電流指令が変化してからPWM指令が変化するまでには、最大で数mSecから数10mSecの不感時間があり、しかも、ソレノイド電流が変化後の電流指令値に対応した値となるまでに遅れがある。そのため、電磁比例弁の応答速度は、PWM周波数で制限されることとなる。

【0014】PWM方式のアンプの第4の問題点として、電磁比例弁の応答速度を改善するために、比例ソレノイドに加える電源電圧を高くする方法があるが、この方法では、比例ソレノイドにはPWMパルスに対応したパルス状の高電圧の電源電圧が直接印加されることになり、図6に示すソレノイドの等価回路の $R_1$ を流れる電流 $I_1$ の値が低電圧で駆動する場合に比べ大きくなる。従って、 $R_1$ による発熱量が大きくなりソレノイドの温度上昇が早くなる。また、図11に示すように同電流指令値に対応したソレノイド電流( $I_1$ 、 $I_2$ )を流す場合でも、電源電圧が低いとき( $V_1$ )に比べ電源電圧が高い場合( $V_2$ )は、PWMパルスのデューティ比は小さくなり、短時間で大きな電流変化が起こるため、ソレノイド電流の脈動が大きくなる。さらに、電流指令値を変化させた場合でも、ソレノイドを流れる電流 $I_1$ は $L$ 、 $R_1$ の特性により指令に対応した電流値となるまで時間の遅れがあり、指令変化に対応した吸引力が得られるまで時間がかかるため、比例弁の応答性は低電圧で駆動する場合に比べてあまり向上しない。

【0015】また、ドロップ方式のアンプ $e_2$ は、上記のように大きな放熱板が必要であり、アンプの外形が大きくなる不都合がある。

【0016】またこれらのいずれの方式も、指令値を変化させてソレノイド電流を小さくする場合、該ソレノイドcに蓄積されたエネルギーを放出するのにフライホイールダイオードtを使用しているので、図12のように、ソレノイド電流の減少率の変化は、比例ソレノイドcとフライホイールダイオードtで構成される回路の抵抗値で制限される。従って、比例ソレノイドcの応答性もこの特性で決まってしまう、応答性の設定の自由度がない欠点がある。該比例制御弁の弁体bの固着防止のためにディザを与える必要があるが、そのレベルは、一度設定されると電流値が変化しても一定である。しかし、ディザレベルが一定であっても、図13に示すように、ディザ効果はソレノイド電流値の大きさにより異なり、特に、PWM方式の場合、ソレノイド電流値が小さいときは、パルスのデューティ比も小さいので、ディザ効果が少なくなる欠点がある。更に、比例ソレノイドcは、図14のように、電圧を加えても瞬時には電流が流れ出さない特性があり、電流指令に比例したソレノイド電流値となるまでには時間の遅れがある。また、ソレノイド電流が流れ、吸引力が発生し弁体bが動くと、該比例ソレノイドcには弁体bの動きを妨げるような逆起電力が発生する。この逆起電力の発生のために電流の応答遅れ

が更に大きくなり、該比例制御弁の応答性が悪くなる。また該比例ソレノイドcの特性として、図15に示すように、温度変化により抵抗値が変化する特性がある。PWM方式の場合、同じソレノイド電流値であっても抵抗が変化すると、PWMのパルス幅（デューティ比）が変化するが、このパルス幅の変化は、抵抗値の変化以外の幾つかの外乱要因を含んでいるので、すべて抵抗変化によるものとは考えることができない。従って、PWMパルス幅の変化を補償するには、抵抗変化のみならず各外乱要因ごとの対応をする必要があり、こうした対応は実際は困難で、該比例制御弁の制御性を改善することができなかった。

【0017】本発明の目的は、電磁比例制御弁の制御性の良好なPWM方式の駆動制御装置と制御方法を提供することにある。本発明の他の目的は、比例ソレノイドを流れる電流が大小しても有効なディザが得られるPWM方式の駆動制御装置と制御方法を提供することにある。本発明の更に他の目的は、電流指令値が小さい場合でもディザ波形が欠けずに有効なディザ強度が得られるPWM方式の駆動制御装置を提供することにある。本発明の他の目的は、指令パルスのデューティ比が小さいときでも該制御弁の比例ソレノイドに流れる電流の制御性を改善し、該比例ソレノイドに流れる電流を減少させた場合のソレノイド電流の応答性が早いPWM方式の駆動制御装置を提供することにある。本発明の他の目的は、ソレノイド電流値が変化しても一定のディザ効果が得られる制御方法を提供すること、該比例ソレノイドに発生する逆起電力による応答遅れがなく、温度変化による比例ソレノイドの特性変化を補償し、弁体の位置を推定して該比例ソレノイドの応答性、安定性、線形性のよい制御方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明では、電磁比例制御弁の弁体を駆動する比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子の開閉を電流指令値が入力するPWM方式のアンプからのPWM信号で制御する制御装置に於いて、該アンプのPWM基本周波数を該比例ソレノイドが応答しづらい周波数へ高く設定し、該比例ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子へ接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプのPWM基本周波数で共振する値のものとしたことにより、電磁比例制御弁の比例ソレノイドに脈動の少ない電圧を印加でき該ソレノイドを流れる電流が脈動の少ない安定した駆動制御装置が得られる。該比例ソレノイドの接地した後段に信号の入力で抵抗を増大して電流を早く減少させる電流ブレーキ用素子を介在させると共に、該電流ブレーキ用素子に該アンプへ入力する電流指令値が該比例ソレノイドを流れる電流よりも小さい間は該電流ブレーキ用素子に信号を与える電流ブレーキ用素子駆動回路を接続したことにより、該比例

ソレノイドを流れる電流を減少させたときの応答性を改善する目的が達成される。

【0019】また、該アンプのPWM基本周波数を該比例ソレノイドの応答しづらい高い周波数に設定し且つ該アンプに該比例ソレノイドを流れる電流値に対する最適な大きさと周期のディザの特性データを記憶させた記憶素子を接続し、該電流指令値の入力に伴ない電子計算機により該ソレノイドに該電流指令値に対応した電流が流れるときの最適のディザ特性データを該記憶素子から読み込み、このデータと該電流指令値を加算した信号をもとに該ソレノイドの電流を制御するためのPWM信号を計算し、この信号で該スイッチング素子を制御することにより該弁体にディザを与える方法により、該比例ソレノイドを流れる電流が大小しても有効なディザを得る目的と該比例ソレノイドを流れる電流値により変化せずに弁体に一定のディザ作動を行なわせることの目的が達成される。また、記憶素子に該弁体の移動速度と逆起電力との特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該アンプに入力する電流指令値が変化するとその変化に対応した該比例ソレノイドのモデル的電流値を計算すると共にこのモデル的電流値と実際に流れる該比例ソレノイドの電流値とを比較して該弁体の移動に伴う逆起電力の大きさを計算し、この計算による逆起電力と前記特性データとで該弁体の移動速度を推定し、この推定結果に基づき該アンプから該スイッチング素子へのPWM信号を調節して該弁体の移動速度を制御する方法により、応答を妨げる力が減少し、該弁体に応答性と安定性を持たせる目的が達成される。更に、記憶素子に該比例ソレノイドを流れる電流値をパラメータとした該弁体の移動距離に対する該ソレノイドの吸引力の特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該比例ソレノイドを実際に流れる電流値から該比例ソレノイドの吸引力及びそのときの吸引力に対抗する対抗力を該記憶素子の特性データをもとに計算し、計算したその吸引力及び対抗力が釣り合う時の該弁体の移動距離を該記憶素子に記憶させた吸引力特性データをもとに計算し、更に計算で求めた該移動距離をもとに該比例ソレノイドの吸引力及びその対抗力を計算してこの2つの力が釣り合うときの該移動距離を求めることにより実際の該比例ソレノイドの電流値に対応した該弁体の位置を推定し、この推定結果に基づき該アンプから該スイッチング素子へのPWM信号を調節して該弁体の線形性を制御する方法により、上記制御性を向上させる目的が達成され、また、記憶素子に該アンプの基準PWM信号値に対する実際のPWM信号値の変化量と該比例ソレノイドの抵抗値、及び該比例ソレノイドの温度の特性データを記憶させて用意し、電子計算機により該アンプへの電流指令値が一定であり該比例ソレノイドの電流も一定である場合の該電流指令値に対応する基準PWM信号値を基準となる比例ソレノイドの抵抗値を用いて計算し、計算した基準PWM信号値と実際の



に出力している PWM 信号値との変化量を計算し、その変化量から該記憶素子に記憶させた特性データをもとに実際の該比例ソレノイドの抵抗値を推定計算し、更にこの推定計算したソレノイドの抵抗値から該特性データをもとに該比例ソレノイドの温度を推定計算し、この推定したソレノイドの抵抗値をもとに該電流指令値に対する新しい PWM 信号値を計算し、この信号値で該スイッチング素子を駆動して該比例ソレノイドの温度変化による抵抗変化の影響を低減する方法によっても、上記制御性向上の目的が達成される。

#### 【 0 0 2 0 】

【作用】該 PWM 方式のアンプの PWM 基本周波数を該比例ソレノイドが応答しづらい周波数に高く設定し、該比例ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子に接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプの PWM 基本周波数で共振する値のものとする事により、電流指令値に対応した PWM 指令値により該スイッチング素子を駆動し、電源から該比例ソレノイドにパルス状の電圧を供給しても、PWM 周波数で共振する該コイル及び該コンデンサを通過することでパルス状の電圧は平滑化され、脈動の少ない電圧となり該比例ソレノイドに印加される。さらに、該比例ソレノイドの時定数が大きいため PWM 基本周波数の脈動にはあまり応答せず、該比例ソレノイドを流れる電流は平滑化され脈動の少ない安定したものとなり、PWM 方式でありながら電流が安定して弁体の制御性が良好になる。

【 0 0 2 1 】電子計算機を用いてソレノイド電流を制御する場合、フィードバック信号としてソレノイド電流を検出してその平均値を得る必要があるが、ソレノイド電流の PWM 周期での脈動が少ないため、容易にソレノイド電流の平均電流値を得られる利点がある。

【 0 0 2 2 】さらに、PWM 周波数をディザ周波数とせずに高周波に設定することにより、電流指令の変化が PWM 指令に反映されるまでの不感時間が短くなり、電流指令の変化に対するソレノイド電流の応答が従来の PWM 周波数をディザ周波数とするものに比べて良好となる。したがって、電磁比例弁の応答性を改善することができる。

【 0 0 2 3 】さらに、電磁比例弁の応答速度を改善するために、比例ソレノイドを高電圧で駆動する場合でも、比例ソレノイドに印加される電圧は、L、C フィルタで平滑化されてソレノイド電流値に相当する電圧となるので、図 6 に示す等価回路の  $R_1$  に流れる電流  $I_1$  は小さくなり、ソレノイドの発熱も少なくなる利点があり、さらに、電流指令が変化した場合でも、指令の変化に従ってソレノイド電流が安定的に変化するため、吸引力も電流変化に従って変化し、電磁比例弁の応答性を低電圧駆動時に比べ改善することができる。

【 0 0 2 4 】また、該比例ソレノイドの接地した後段に

電流ブレーキ用素子を介在させ、これに該アンプへ入力する電流指令値が該比例ソレノイドを流れる電流よりも小さい間は該電流ブレーキ用素子の抵抗を増大させる制御を行う電流ブレーキ用素子駆動回路を接続しておくことにより、電流指令値が一定で比例ソレノイドの電流値と等しい場合、及び該比例ソレノイドの電流を増加させるため電流指令値を大きくした場合には比例ソレノイドを流れる電流が電流指令値と等しいか小さいので、該電流ブレーキ用素子は機能しないが、該比例ソレノイドに流れる電流を減少させるために電流指令値を小さくした場合、その指令は該電流ブレーキ用素子駆動回路にも入力し、該回路は比例ソレノイドの電流が該電流指令値よりも大きいあいだ該電流ブレーキ用素子のベース電流を減少させるように出力する。該電流ブレーキ用素子は、ベース電流を減少させると同じ値のコレクタ電流が流れた場合、コレクターエミッタ間電圧が上昇し、コレクターエミッタ間の抵抗が大きくなり、熱としてのエネルギー損失が増加するので、比例ソレノイド電流が該電流ブレーキ用素子を流れることで、電流指令値に対する余分なソレノイド電流は熱として消費され、早く電流指令値に収束する。そのため該比例ソレノイドの電流を減少させるときの応答時間が短縮され、比例ソレノイドを流れる電流の制御性が改善される。

【 0 0 2 5 】更に、請求項 3 に記載の構成とすることにより、該アンプに或る電流指令値が入力したとき、電子計算機によりこの電力指令値に対応するソレノイドの電流を流したときに弁体に最適なディザを与えることのできるディザ特性データと電流指令値を加算して PWM 信号が出力され、この信号で該スイッチング素子が駆動され、該比例ソレノイドの電流を制御するので、電流指令値に対応した平均電流値で該弁体に最適なディザを与えることのできる脈動した電流を該ソレノイドに流すことができ、PWM 方式でありながらパルスのデューティ比によりディザ周波数成分の大きさが変化せず、ソレノイド電流の大きさに関係なくディザ効果を得ることができる。

【 0 0 2 6 】記憶素子に該弁体の移動速度と逆起電力との関係の特性データを記憶させておき、電子計算機で電流指令値の変化に対してモデルでの電流応答性を計算し、実際の比例ソレノイドの電流応答性を比較し、弁体の移動に伴う逆起電力の大きさを計算する。この結果と記憶素子に記憶している特性データから逆起電力と関係のある該弁体の移動速度を推定し、その推定結果を制御に取り入れた PWM 信号を出力することで、該比例ソレノイドに指令を与えたときの応答性を妨げる力を打ち消して起動時の応答性を向上させたり、逆起電力を拡大して停止時の減衰性を高めることができる。

【 0 0 2 7 】また、記憶素子に記憶させた該比例ソレノイドを流れる電流値をパラメータとした該弁体の移動距離に対する該ソレノイドの吸引力の特性データをもと

10

20

30

40

50



に、該比例ソレノイドを実際に流れる電流値から該比例ソレノイドの吸引力及びそのときの吸引力に対抗する対抗力を計算し、計算したその吸引力及び対抗力が釣り合う時の該弁体の移動距離を該記憶素子に記憶させた吸引力特性データをもとに計算し、更に計算で求めた該移動距離をもとに該比例ソレノイドの吸引力及びその対抗力を計算してこの2つの力が釣り合うときの該移動距離を求めることにより実際の該比例ソレノイドの電流値に対応した該弁体の位置を推定することができ、この推定結果に基づき該アンプから該スイッチング素子へのPWM信号を調節して該弁体の線形性を向上させることができる。

【0028】更に、比例ソレノイドの抵抗値は、温度変化によって変化するため、その変化により電流指令値通りの制御を行なえないことが生じるが、記憶素子に記憶させた該アンプの基準PWM信号値に対する実際のPWM信号値の変化量と該比例ソレノイドの抵抗値、及び該比例ソレノイドの温度の特性データをもとに、該アンプへの電流指令値が一定であり該比例ソレノイドの電流も一定である場合の該電流指令値に対応する基準PWM信号値を基準となる比例ソレノイドの抵抗値を用いて計算し、計算した基準PWM信号値と実際に出力しているPWM信号値との変化量を計算し、その変化量から該記憶素子に記憶させた特性データをもとに実際の該比例ソレノイドの抵抗値を推定計算し、更にこの推定計算したソレノイドの抵抗値から該特性データをもとに該比例ソレノイドの温度を推定計算し、この推定したソレノイドの抵抗値をもとに該電流指令値に対する新しいPWM信号値を計算し、この信号値で該スイッチング素子を駆動して該比例ソレノイドの温度変化による抵抗変化の影響を低減することができ、正確に電磁比例制御弁の駆動制御を行える。

【0029】請求項7に記載の構成とすることにより、上記の作用を同時に営むことが可能になる。

【0030】

【実施例】本発明の実施例を図面にに基づき説明すると、図1.6に於いて符号1は電磁比例制御弁の弁体2を駆動する比例ソレノイドを示す。該電磁比例制御弁の構造は例えば図1に示した従来のものと略同様であり、該比例ソレノイド1の前段は電源回路3を介して電源に接続されると共にフライホイールダイオード4を介して接地され、その後段は直接接地される。該電源回路3にはスイッチング素子5を介在させ、これの開閉制御を電圧の電流指令値が入力するPWM変換回路を備えたPWM方式のアンプ6からのPWM信号が入力する駆動回路7が行う。

【0031】こうした構成は従来のPWM方式の電磁比例制御弁の制御装置と特に変わりがなく、PWM方式による制御のために該ソレノイドには脈動する電流が流れる不都合があるが、本発明では該ソレノイド1の前段を

コイル8を介して該スイッチング素子5へ接続すると共にコンデンサ9を介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプのPWM基本周波数で共振する値のものとし、該アンプ6のPWM基本周波数を該比例ソレノイド1が応答しづらい周波数へ高く設定しておくもので、電流指令値が該アンプ6へ入力すると、この指令値と等しくなるようなPWM信号が図1.7の符号10のように出力され、この信号に基づいて駆動回路7がスイッチング素子5を制御し、該素子5により同図の符号11に示すようなパルス状の電圧が電源から供給される。このパルス状の電圧は、PWM周波数で共振する特性を持つコイル8とコンデンサ9により同図の符号12のように平滑化されて該ソレノイド1に印加されるが、該ソレノイド1の応答が遅い(時定数が大きい)ために該ソレノイド1を流れる電流は、符号1.3のように更に平滑化されるためPWM周期での脈動は更に小さくなる。従って、該ソレノイド1を流れる電流は、PWM方式であるにもかかわらず安定した流れとなり、電流の制御性が改善される。その結果、電子計算機を用いてソレノイド電流を制御する場合でも、フィードバック信号とするソレノイド電流を容易に得られ、また、PWM周波数を高周波に設定することで電流指令の変化がPWM指令に反映されるまでの不感時間が短縮され、電流指令の変化に対するソレノイド電流の応答性が改善され、さらに、高電圧でソレノイドを駆動する場合でも、比例ソレノイド1に印加される電圧は、ソレノイド電流値に相当する電圧となるので、ソレノイドの発熱は少なくなり、電流指令が変化した場合でも、指令の変化に従ってソレノイド電流が安定的に変化するので、電磁比例弁の応答性を低電圧駆動時に比べ改善することができる。1.6は電流検出回路でその検出値は電流指令値のゲインとなるようにした。

【0032】該比例ソレノイド1の後段に図1.8に示すようにトランジスタの電流ブレーキ用素子1.4であってこれへの信号の入力で抵抗値が高まり電流を早く減少させる機能のものを介在させ、これにPWM変換回路を備えた該アンプ6へ入力する電流指令値が該ソレノイド1を流れる電流よりも小さい間は該電流ブレーキ用素子1.4に信号を入力させる制御を行う電流ブレーキ用素子駆動回路1.5を接続した構成とすることにより、該ソレノイド1に流れる電流を現状の電流値よりも減少させる電流指令が与えられた場合のみ該ソレノイド1の電流を早く減少させることができ、従来のフライホイールダイオードのみの時に比べ該ソレノイド1の電流の制御性が向上させ得る。これを更に説明すると、電流指令値を一定とし、該ソレノイド1に一定の電流を流している場合、該電流指令は該アンプ6でPWMパルス信号に変換されて駆動回路7に入力し、スイッチング素子5を駆動してPWM制御で該ソレノイド1の電流を制御する。この場合、該電流ブレーキ用素子1.4は、電流指令値が該ソレノイドを流れる電流値と等しいため機能しない。また、

該ソレノイド 1 の電流を増加させるために電流指令値を大きくした場合、電流指令はアンプ 6 の PWM 変換回路により目標の電流値となるような PWM パルス信号に変換されて駆動回路 7 に入力し、スイッチング素子 5 を駆動して該ソレノイド 1 の電流が目標値となるように PWM 制御が行われる。この場合、該電流ブレーキ用素子 1 4 は、電流指令値に対する該ソレノイド 1 の電流値が小さいため機能しない。また、該ソレノイド 1 の電流を減少させるためにその電流指令値を図 1 9 の符号 1 7 のように小さくした場合、この指令値よりも該ソレノイド 1 を実際に流れている電流値が大きいので、電流指令はアンプ 6 及び電流ブレーキ用素子駆動回路 1 5 に与えられ、該アンプ 6 の PWM 変換回路では、電流指令値と該ソレノイド 1 の電流値が等しくなるように同図の符号 1 8 の如き PWM パルスを発生してスイッチング素子 5 を駆動し、該電流ブレーキ用素子駆動回路 1 5 では、電流指令値に対し該ソレノイド 1 の電流値が小さい間、該電流ブレーキ用素子 1 4 のベース電流を減少させる同図の符号 1 9 の如き波形の電流ブレーキ指令信号を出力する。該ブレーキ用素子 1 4 は、トランジスタの特性でベース電流を減少させると同じ値のコレクタ電流が流れた場合、コレクターエミッタ間電圧が上昇する。すなわち、コレクターエミッタ間の抵抗がおおくなり熱としてのエネルギー損失が増加する。そのためソレノイド電流が該ブレーキ用素子 1 4 を流れるときに、電流指令値に対する余分なソレノイド電流は熱として消費され、同図の符号 2 0 に示すように早く電流指令値に対応したソレノイド電流値に収束する。同図の符号 2 1 は、電流ブレーキ用素子 1 4 を動作させないときのソレノイド電流の変化である。かくて、電流ブレーキ用素子 1 4 を設けることにより、比例ソレノイド 1 の電流を減少させるときの応答時間が、フライホイールダイオードのみを設けてサージ電圧を回避したものよりも短縮でき、また、ソレノイド電流の変化がフライホイールダイオードを設けた回路の抵抗値で制限されることもないから、ソレノイド電流の制御性を改善できる。

【0033】電磁比例制御弁のスプール型等の弁体の固着を防止のために弁体にディザを与える場合、図 2 0 に示すように、該アンプ 6 に電子計算機 2 3 a を内蔵させておき、該アンプ 6 の PWM 基本周波数を該比例ソレノイド 1 の応答しづらい周波数へ高く設定し、該アンプ 6 に該ソレノイド 1 を流れる電流値に対する最適な大きさと周期のディザの特性データを記憶させた記憶素子 2 2 a を接続する。そして電流指令値が入力されたとき、該電子計算機 2 3 a によりその入力する電流指令値に対応した電流が流れるときの最適なディザの特性データを該記憶素子 2 2 a の記憶から読み込み、このデータと該電流指令値を加え合わせ、この信号をもとに該ソレノイド 1 の電流を制御するための PWM 信号を計算し出力する。該比例ソレノイド 1 は、これを流れるソレノイド電

流が小さい場合、図 7 のように電流に吸引力が比例せず、電流が大きくなるに従って電流に比例した吸引力が得られる特性があるので、該記憶素子 2 2 a には、図 2 2 に示すような電流指令値が小さいときにはディザ強度を大きくし、電流指令値が大きくなるに従ってディザ強度を小さくするように、電流指令値によりディザ強度を可変とするディザ特性データであり、しかも、電流指令値が小さい場合でも、ディザ波形のピークの欠けを無くし、有効なディザ強度が得られるように図 2 3 に示す如く電流指令値に応じてディザ振幅、ディザ周波数を可変するような特性データを記憶させておくようにした。そして、図 2 0 の構成によれば、該アンプ 6 に図 2 1 の A で示すような波形の電圧の電流指令値が入力すると、記憶素子 2 2 a から図 2 1 の B で示すような該電流指令値に対応した最適のディザ特性波形を読み込み、これに該電流指令値の波形を加算して図 2 1 の C で示すような波形を得てこれに基づき図 2 1 の D の波形の PWM 信号が駆動回路 7 へ出力され、この信号により該駆動回路 7 はスイッチング素子 5 を制御し、図 2 1 の E で示す波形の電流が該比例ソレノイド 1 に流れる。この場合、PWM 変換された PWM 信号のパルスは、ディザ特性データと電流指令値を加え合わせた指令が、該ソレノイド 1 の電流を増加させる方向に変化している場合は、ON 時間が指令に対して長くなり、逆にその電流を減少させる方向に変化している場合は、ON 時間が短くなるように変化する。この PWM 信号でスイッチング素子 5 を駆動しソレノイド 1 の電流を制御することにより、電流指令値に対応した平均電流値で電磁比例制御弁の弁体 2 に最適なディザを与え得る脈動したソレノイド電流を流せる。従って、PWM 方式でありながらパルスのデューティ比によりディザ周波数成分の大きさが変化しないため、図 2 4 に示すようにソレノイド電流の大きさに関係なくディザ効果を得ることができる。具体的には、ディザの周波数を 200 Hz、PWM の基本周波数を 10 KHz に設定すると、50 周期の PWM 信号で 1 周期のディザが構成される。従来の場合、PWM 方式では比例ソレノイドを流れる電流値により PWM パルスのデューティ比が変化するため、電流値によりディザ効果が異なる不都合があり、ディザ振幅が電流指令値に関係なく一定である場合では、ソレノイド電流値により同じディザ効果が得られない不都合がある。そのため、いずれの方式においても電磁比例弁の弁体に、ソレノイドの電流値に適したディザを与えることができないが、本発明では、電流指令値に応じた最適のディザを比例弁の弁体 2 に与え得る。

【0034】一般にソレノイドに電圧を加えても瞬時に電流は流れ出さず、電磁比例制御弁に於いても電流指令値に比例したソレノイド電流が流れるまでの時間遅れがあり、また、該電磁比例制御弁のスプール型やボベツト型等の弁体 2 の移動速度は、該弁体 2 の起動、減衰特性と関係しており、電流指令値に迅速に応答して起動、減

衰することが望ましい。この要望は、図25、図26のように、記憶素子22bに該弁体の移動速度の大きさと関係のある逆起電力の特性データを記憶させて用意し、該移動速度を電流検出回路16で検出した電流値をもとに推定し、この推定した移動速度によりPWM信号を調節して該ソレノイド1の電流を調節することにより達成される。該指令電流の変化に対するモデル的な該ソレノイド1の電流特性を電子計算機23aで計算し、このモデル的電流値と実際に流れる該ソレノイドの電流値とを比較して該弁体2の移動に伴う逆起電力の大きさを計算し、この計算による逆起電力に対応した該弁体2の移動速度を記憶素子から推定し、この推定結果をゲインとして電流指令値を調節し、アンプ6から該スイッチング素子5の駆動回路7へのPWM信号を調節し、該ソレノイド1の電流を制御することにより該弁体2の移動速度が制御される。逆起電力が例えば予想よりも大きく、所定の応答性の妨げになる力が発生する場合、この力を打ち消し、起動時の弁体の応答性を向上させたり、逆起電力が予想外に小さい場合、該逆起電力を拡大して停止時の減衰性を高めることができる。

【0035】該電磁比例制御弁の線形性を高めるには、同一電流指令値では略同一位置へ弁体を移動させる必要があるが、従来のものでは弁体の位置がソレノイド電流値、比例ソレノイドの吸引力やこれと対抗する力により変化するので線形性が乏しい。本発明では、線形性の向上のために、図27、図28に示すように、記憶素子22cに該比例ソレノイド1を流れる電流値をパラメータとした該弁体2の移動距離に対する該ソレノイドの吸引力の特性データを記憶させて用意し、電流検出回路16から検出した該ソレノイド1を実際に流れる電流値により該ソレノイド1が発生する吸引力を該記憶素子22cに用意してある特性データをもとに電子計算機23cで計算する。次いで、このときソレノイド1に吸引力に対抗するように働くバネ力等の対抗力を計算し、計算で求めたソレノイド電流値に対する吸引力とそれに対抗する力から、これらの2つの力が釣り合う時の弁体2の移動距離を記憶素子22cに記憶の特性データをもとに計算する。更に、計算で求めた弁体2の移動距離を考慮してソレノイド1が発生する吸引力を再度計算し、その対抗力を求め、2つの力が釣り合うときの弁体2の移動距離を計算する。これによりソレノイド1の電流値に対する弁体2の移動距離を、記憶素子22cに記憶させた該吸引力特性データをもとに推定することができ、その結果として弁体2の位置を推定できるので、この推定結果により実際にソレノイド1を流れる電流値、対抗力が電流指令値と合致していない場合でも電流指令値に対応した位置に弁体が移動するようにPWM信号を調整し、この信号を基に駆動回路がスイッチング素子を駆動するため、制御弁の線形性が向上する。

【0036】比例ソレノイドは温度変化により抵抗値が

変化する特性があり、これはPWM方式の場合、PWM信号のパルス幅（デューティ比）に変化を来し、制御性が乱れるが、パルス幅の変化は前記したように必ずしも温度変化によるものとは限らない。本発明では、温度変化を原因とするパルス幅の変動を防ぐため、図29、図30に示すように、アンプ6に電子計算機23dを内蔵させ、該電子計算機23dによりソレノイド電流をPWM制御するものとし、該記憶素子22dに該アンプ6の基準PWM信号値に対する実際のPWM信号値の変化量と該ソレノイド1の抵抗値、及び該ソレノイドの温度の特性データを記憶させ、電流指令値が一定であり、ソレノイド1の電流も一定である場合に、電子計算機23dにより該電流指令値に対する基準PWM信号値を、基準となるソレノイド抵抗値を用いて計算する。計算に使用する、基準となるソレノイド抵抗値は予め用意しておく。この基準PWM指令値と実際に出力しているPWM信号値との変化量を電子計算機23dで計算し、この変化量から現在のソレノイド抵抗値を、該記憶素子22dに用意してある特性データをもとに計算、推定する。更に、推定したソレノイド抵抗値から特性データをもとにソレノイド1の温度を計算、推定する。この推定したソレノイド抵抗値をもとに、電流指令値に対する新しいPWM指令を計算し、この指令でスイッチング素子5を駆動してソレノイド電流を制御することにより、ソレノイド1の抵抗変化による制御特性の変化を低減することができ、弁体2の制御性が向上する。

【0037】例えば、500mA相当の電流指令が該アンプ6に入力されていて、ソレノイド1の電流値が500mA一定に流れている状態にあり、電子計算機23dから出力している実PWM指令値が550である場合、電子計算機23dは次の計算を行う。まず、このときの電流指令値に対する基準PWM指令値を、基準となるソレノイド抵抗値を用いて計算する。このとき計算に使用する基準となるソレノイド抵抗値は、20℃のとき24Ωとしてあらかじめ用意してある。その計算の結果、基準PWM指令値が500であったとする。次に、基準PWM指令値に対する実際のPWM指令値の変化量を計算すると、 $550/500=1.1$ となり、実PWM指令値は基準PWM指令値に対して10%増加したことになる。実PWM指令値が10%増加したときのソレノイド抵抗の変化量を、特性データから計算したところ、+2.4Ωであったとすると、比例ソレノイド1の抵抗値は、基準値24Ω（20℃）に対して2.4Ω増加して26.4Ωに変化したと推定することができる。さらに特性データからソレノイド抵抗変化量が+2.4Ωの時、ソレノイド温度の変化量を計算した場合、この変化量が+25℃であるとする、現在のソレノイド温度は、基準温度20℃、温度変化量+25℃で45℃であると推定することができる。

【0038】図31は、請求項7の実施例を示し、この

実施例は前記実施例の全ての構成を備え、その機能は前記実施例の全ての機能を兼備する。

【 0 0 3 9 】

【発明の効果】 以上のように請求項 1 の発明によるときは、電磁比例制御弁の比例ソレノイドの電源回路に設けたスイッチング素子を PWM 方式のアンプからの PWM 信号で制御する制御装置に於いて、該アンプの PWM 基本周波数を該ソレノイドが応答しづらい周波数へ高く設定し、該ソレノイドの前段をコイルを介して該スイッチング素子へ接続すると共にコンデンサを介して接地し、該コイル及び該コンデンサを該アンプの PWM 基本周波数で共振する値のものとしたので、電子計算機を用いてソレノイド電流を制御する場合でも、フィードバック信号とするソレノイド電流を容易に得られ、PWM 周波数を高周波に設定することで電流指令の変化が PWM 信号に反映されるまでの不感時間が短縮されるから電流指令の変化に対する応答性が改善され、高電圧でソレノイドを駆動する場合でも、比例ソレノイドに印加される電圧はソレノイド電流値に相当する電圧となるので、ソレノイドの発熱は少なくなり、電流指令が変化した場合でも、指令の変化に従ってソレノイド電流が安定的に変化するので、電磁比例弁の応答性を低電圧駆動時に比べ改善できる効果があり、請求項 2 の発明によれば、該ソレノイドの接地した後段に電流ブレーキ用素子を介在させたことで、該ソレノイド電流を減少させるための応答時間がフライホイールダイオードのみの時より短縮され、応答性、制御性が向上する効果が得られ、請求項 3 の発明によれば、ディザを可変することができるので、該ソレノイドに最適な大きさ、周期のディザを与えて該電磁比例制御弁の応答性、制御性を改善できる効果がある。また、請求項 4 の発明によれば、電磁比例制御弁の弁体の移動速度を推定し、その結果を指令に反映させることで、該ソレノイドの減衰特性が改善され、該比例制御弁の油圧ダンピングを低減できて応答性、制御性が向上する効果が得られ、請求項 5 の発明によれば、該電磁比例制御弁の弁体の位置を推定しその結果を制御に反映させることで、弁体の位置管理を行え、該制御弁の制御性、線形性が改善される効果があり、請求項 6 の発明によれば、該ソレノイドの温度変化による抵抗変動を推定し、その結果を指令に反映させることで、該ソレノイド特性変化を低減でき、該制御弁の制御性と安定性が改善できると共に該ソレノイドの温度管理ができるので、該ソレノイドが異常高温と判断されるときなどには、安全対策を施せる等の効果があり、請求項 7 の構成とすることにより、上記の効果を兼備させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 電磁比例制御弁の断面図

【図 2】 従来の PWM 方式のアンプを使用した電磁比例制御弁の駆動制御装置の説明図

【図 3】 図 2 の各部の波形と PWM パルスの線図

【図 4】 従来のドロップ方式のアンプを使用した電磁比例制御弁の駆動制御装置の説明図

【図 5】 図 4 の各部の波形の線図

【図 6】 比例ソレノイドの等価回路の線図

【図 7】 比例ソレノイドの電流に対する吸引力特性

【図 8】 従来の電流値が小さい時のソレノイド電流波形

【図 9】 PWM パルスのパワースペクトル

【図 10】 PWM 制御における指令波形変化と不感時間の関係の線図

【図 11】 比例ソレノイドの低電圧、高電圧駆動時の電圧及び電流波形図

【図 12】 従来の比例ソレノイドの電流の立ち下がり方向の応答特性の線図

【図 13】 従来の PWM 方式のディザ特性の線図

【図 14】 従来の比例ソレノイドの電流の立ち上がり方向の応答特性の線図

【図 15】 比例ソレノイドの温度特性の線図

【図 16】 請求項 1 に記載の発明の実施例の線図

【図 17】 図 16 の各部の波形の線図

【図 18】 請求項 2 に記載の発明の実施例の線図

【図 19】 図 18 の各部の波形の線図

【図 20】 請求項 3 に記載の発明の実施例の線図

【図 21】 図 20 の各部の波形の線図

【図 22】 ソレノイド電流に対するディザ強度特性の線図

【図 23】 電流指令値に対応した平均ソレノイド電流値の線図

【図 24】 ソレノイド電流のパワースペクトル

【図 25】 請求項 4 に記載の発明の実施例の線図

【図 26】 図 25 の実施例の基本概念図

【図 27】 請求項 5 に記載の発明の実施例の線図

【図 28】 図 27 の実施例の基本概念図

【図 29】 請求項 6 に記載の発明の実施例の線図

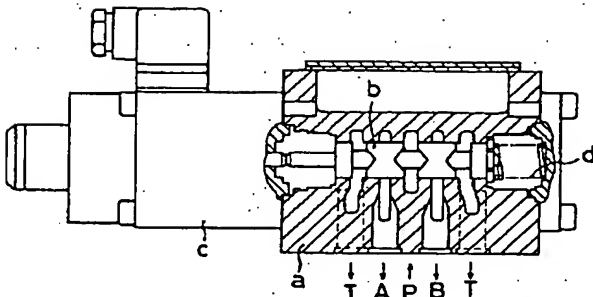
【図 30】 図 29 の実施例の基本概念図

【図 31】 請求項 7 に記載の発明の実施例の線図

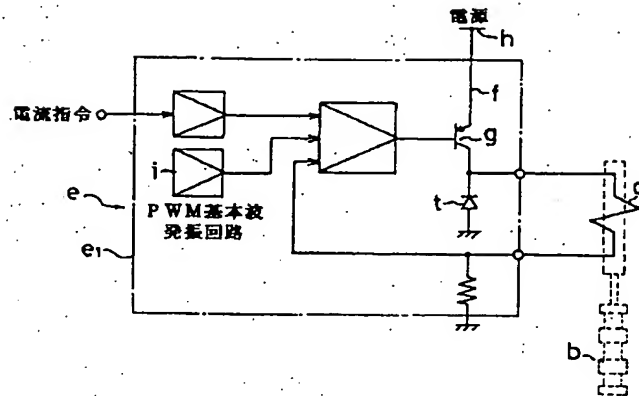
【符号の説明】

1 比例ソレノイド	2 弁体
3 電源回路	4 フライホイールダイオード
5 スwitching素子	6 アンプ
7 駆動回路	8 コイル
9 コンデンサ	14 電流ブレーキ用素子
15 電流ブレーキ用素子駆動回路	16 ソレノイド電流検出回路
22、22 a、22 b、22 c、22 d	記憶素子
23、23 a、23 b、23 c、23 d	電子計算機

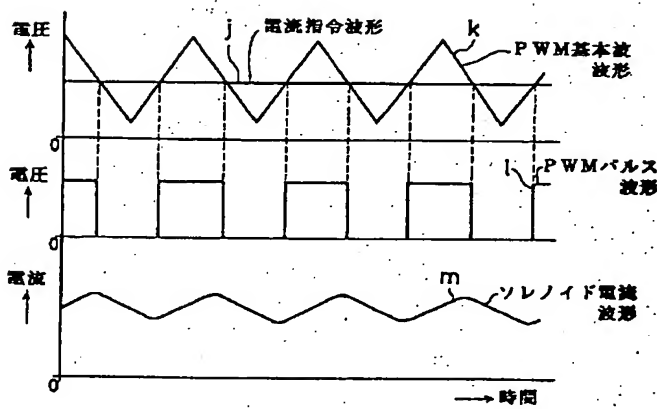
【図 1】



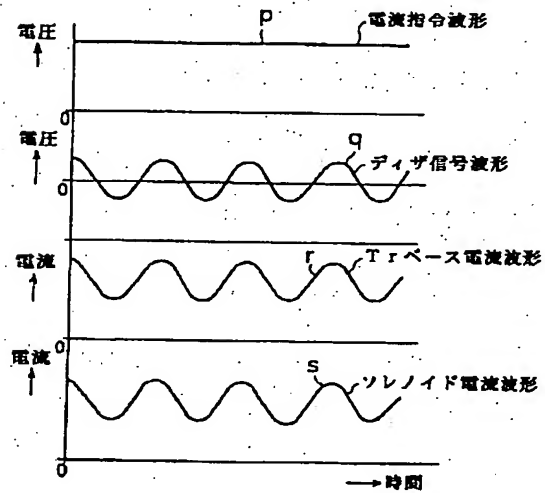
【図 2】



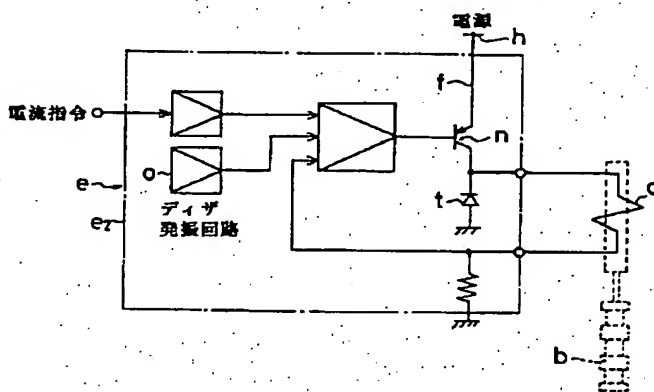
【図 3】



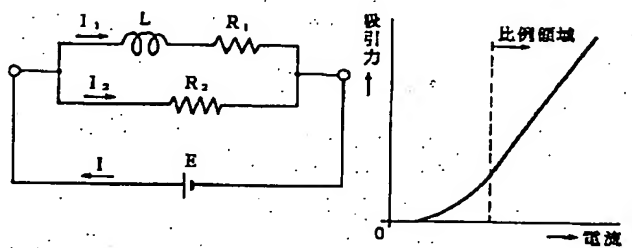
【図 5】



【図4】

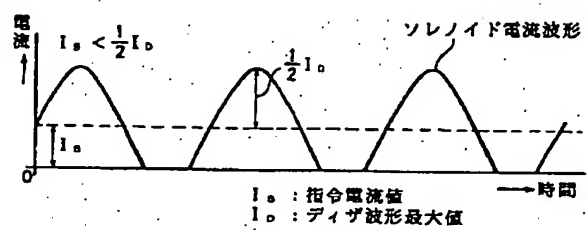


【图 6】

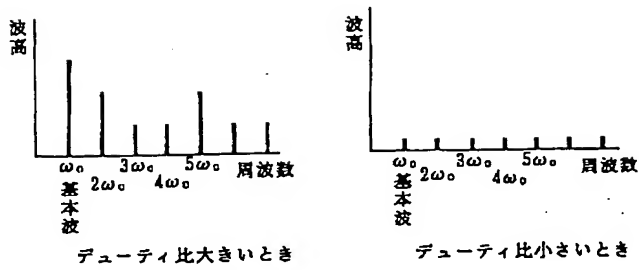


【図 7】

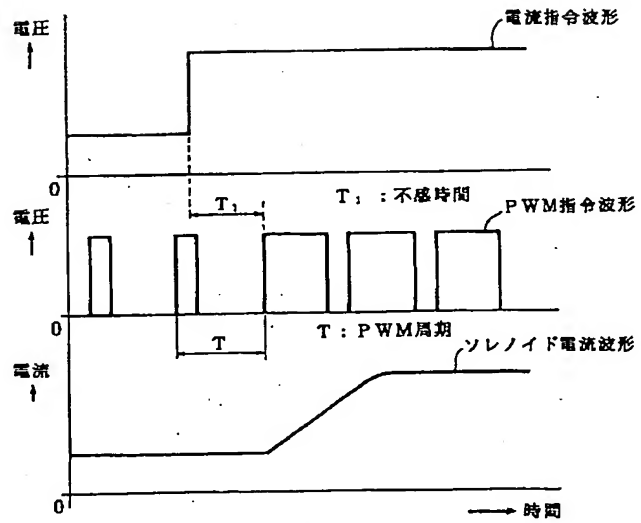
【図 8】



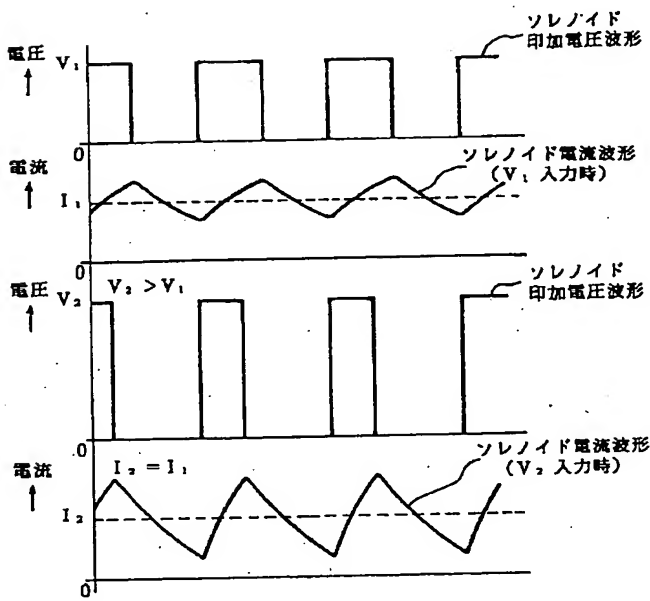
【図 9】



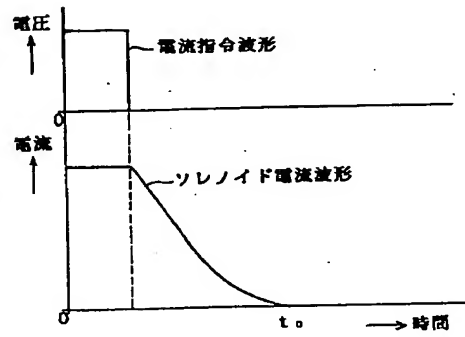
【図 10】



【図 11】



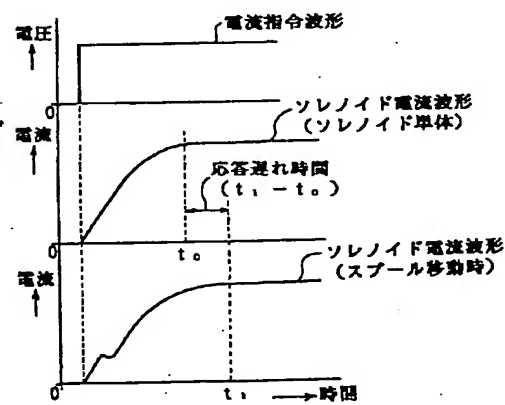
【図 12】



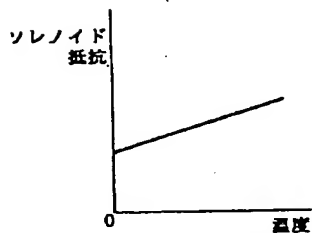
【図 13】



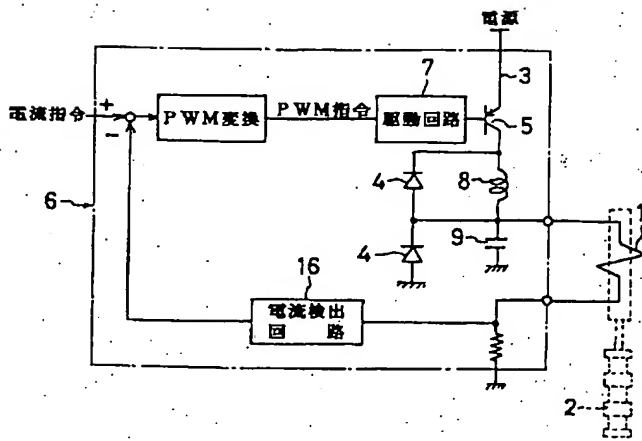
【図 14】



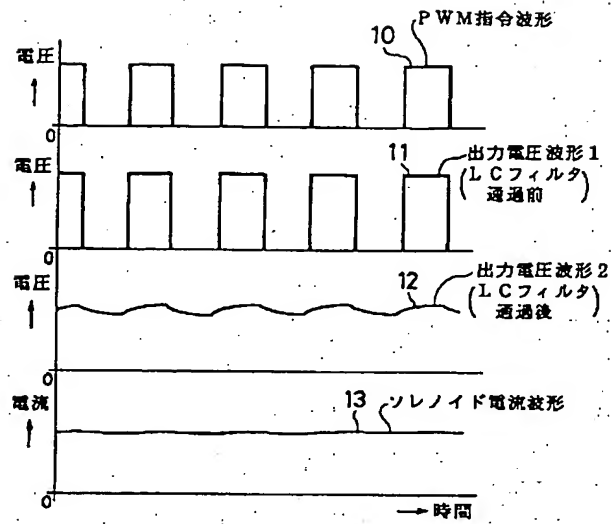
【図 15】



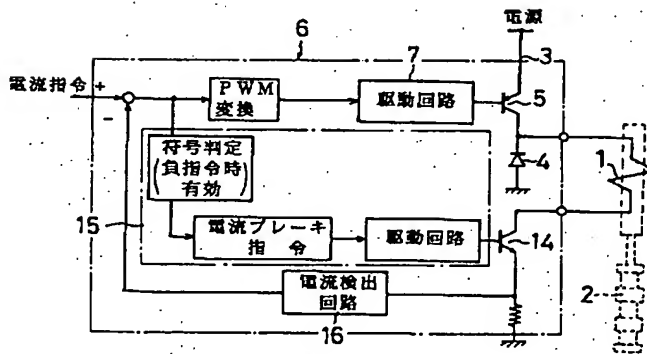
【図 16】



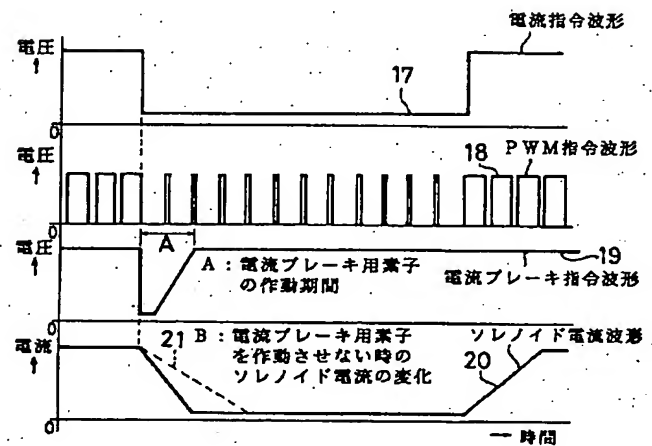
【図 17】



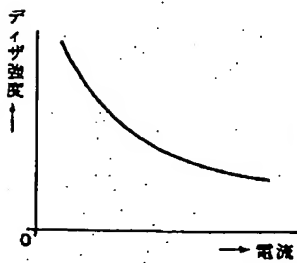
【図 18】



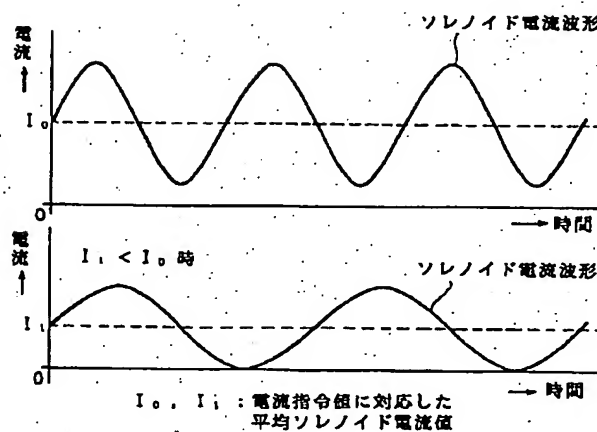
【図 19】



【図 22】

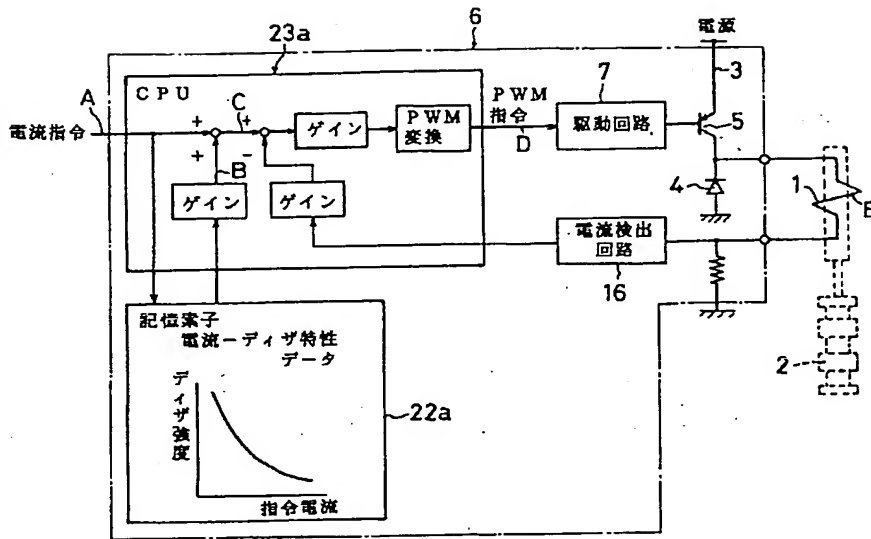


【図 23】

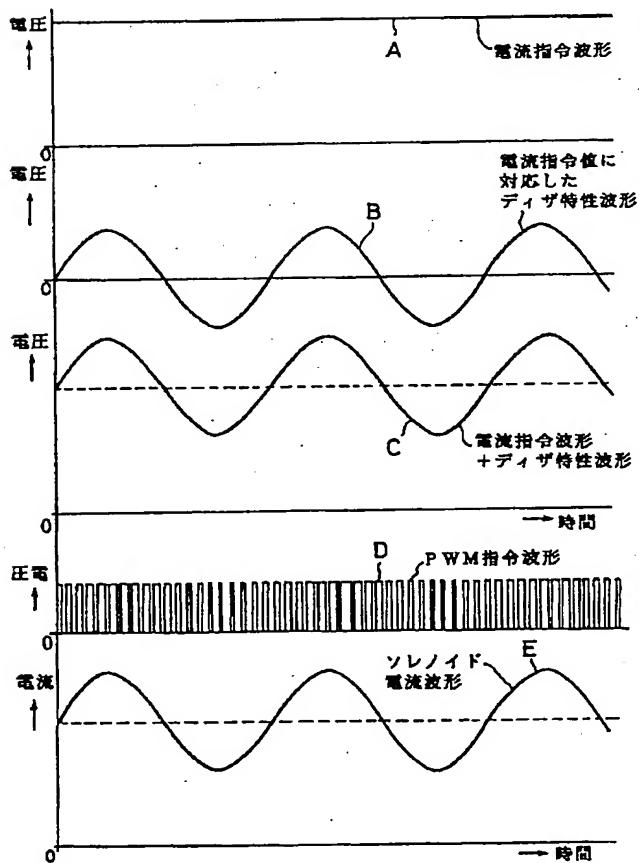




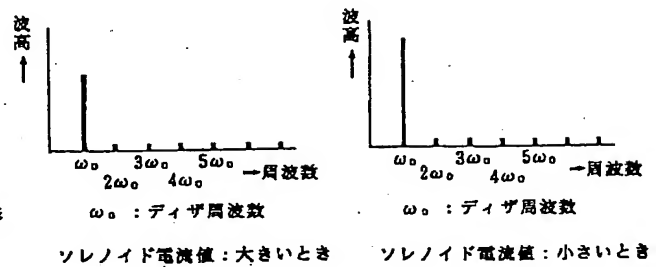
【図20】



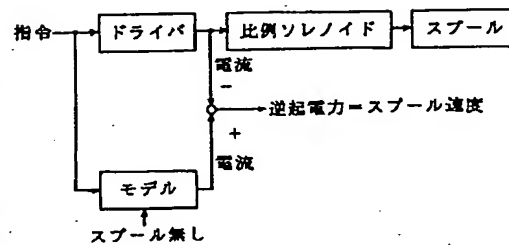
【図21】



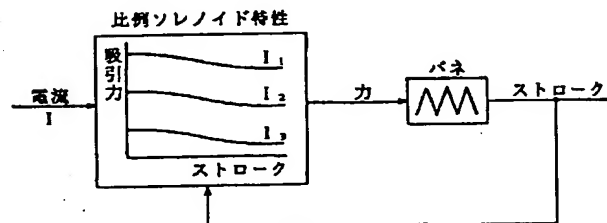
【図24】



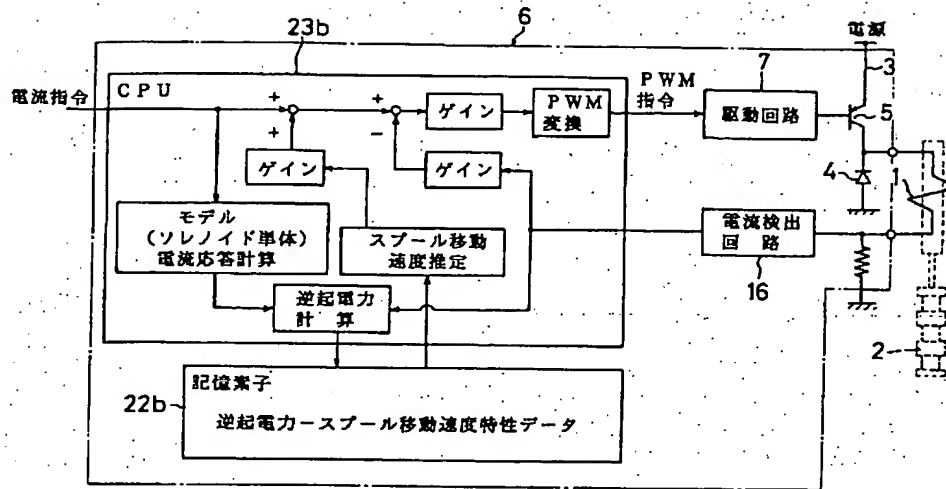
【図26】



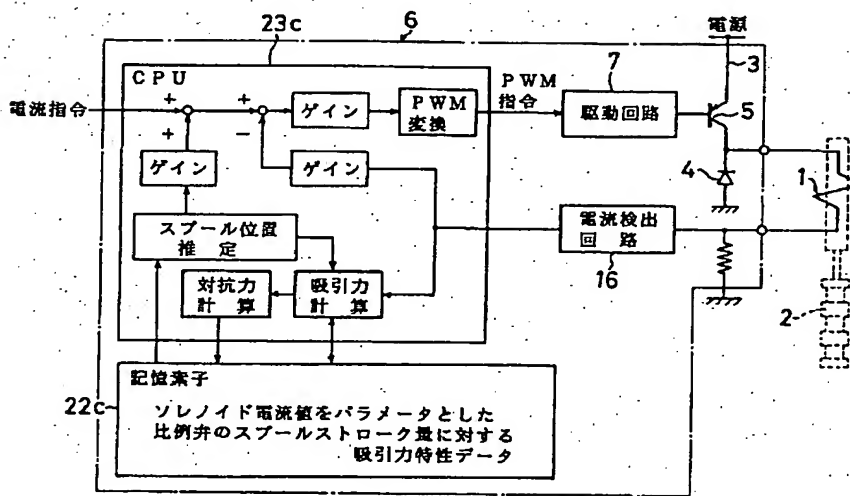
【図28】



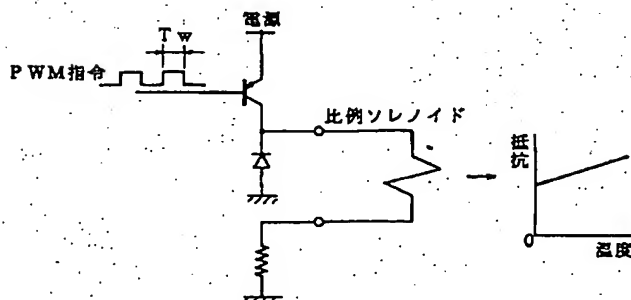
【図 25】



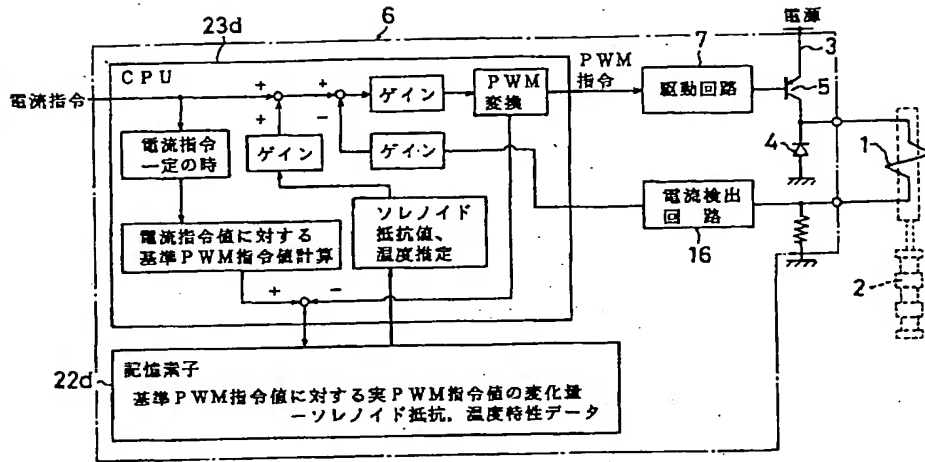
【図 27】



【図 30】



【図 29】





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**